

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 05 568 A 1**

⑤ Int. Cl. 8:
C 06 D 5/06
// B60R 21/26, C07D
257/06, 257/04,
251/12, 249/14,
249/12, 251/54

②1 Aktenzeichen: 195 05 568.3
②2 Anmeldetag: 18. 2. 95
④3 Offenlegungstag: 22. 8. 96

DE 195 05 568 A 1

⑦1 Anmelder:
Dynamit Nobel AG, 53840 Troisdorf, DE

⑦2 Erfinder:
Redecker, Klaus, Dr., 90431 Nürnberg, DE; Weuter,
Waldemar, Dr., 90449 Nürnberg, DE; Bley, Ulrich,
Dr., 90762 Fürth, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	41 08 225 C1
DE-AS	20 04 620
US	51 97 758 A
US	51 39 588 A
US	49 09 549 A
US	45 66 921 A
EP	5 36 916 A1
EP	5 19 485 A1
EP	4 38 831 A2
EP	3 72 733 A2

⑤4 Gaserzeugende Mischungen

⑤7 Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Treibmittel für Gasgeneratoren, die als stickstoffhaltige Verbindung (Brennstoff) wenigstens eine Verbindung aus der Gruppe Tetrazole, Triazole, Triazine, Cyansäure, Harnstoff, deren Derivate, Abkömmlinge oder deren Salze, als Oxidationsmittel Verbindungen aus der Gruppe der Peroxide, Nitrate, Chlorate oder Perchlorate, weiterhin Abbrandmoderatoren, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, sowie gegebenenfalls Zuschläge, die geeignet sind, den Anteil der toxischen Gase zu reduzieren, enthalten.

DE 195 05 568 A 1

Beschreibung

Gasgeneratoren werden in zunehmendem Maße, beispielsweise in Fahrzeugen zur Lebensrettung eingesetzt. Üblicherweise enthält die gaserzeugende Mischung Natriumazid. Natriumazid an sich ist giftig und kann sich leicht mit Schwermetallen wie z. B. Kupfer und Blei unter Bildung extrem gefährlicher und heftig reagierender Verbindungen umsetzen. Daher sind besondere Maßnahmen bei der Herstellung des Rohstoffs, der Gassatzmischung, bei seiner Verarbeitung und bei der Qualitätskontrolle vorzusehen. Aus diesem Grund stellt auch die Entsorgung des Natriumazids, beispielsweise beim Austausch defekter Gasgeneratoren oder bei der Verschrottung der Fahrzeuge ein besonderes Problem dar. Auch die mißbräuchliche Verwendung muß sicher verhindert werden.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, anstelle von Natriumazid andere Stoffe einzusetzen. Allen Lösungsvorschlägen für den Ersatz des Natriumazids ist gemeinsam, daß sie organische Kohlenstoff- und in der Regel auch organische Stickstoffverbindungen enthalten. Die EP 0 519 485 beschreibt den Einsatz von Tetrazol oder Tetrazolderivat(en) oder den Einsatz jeweils ein oder mehrerer Verbindungen aus der Gruppe der Cyansäurederivate und deren Salzen, ein oder mehrerer Verbindungen aus der Gruppe der Triazin und Triazinderivate, den Einsatz von Harnstoff, dessen Salzen, Derivaten und Abkömmlingen und Salze dieser Verbindungen, wobei die genannten Verbindungen auch als Mischungen vorliegen können. Als Oxidationsmittel können Nitrate von Ammonium, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium und Eisen und/oder Peroxide von Zink, Kalzium, Strontium oder Magnesium eingesetzt werden. Weitere gaserzeugende Komponenten, Kühlmittel, Reduktionsmittel, Katalysatoren und/oder Porositätserzeuger können zugesetzt werden.

Die EP 0 438 851 beschreibt eine nicht-toxische, nicht-azide pyrotechnische Zusammensetzung, die zur Verwendung bei der Erzeugung von im wesentlichen nichttoxischen Verbrennungsprodukten einschließlich eines Gases geeignet ist, um ein Unfallkissen zu befüllen. Die Zusammensetzung umfaßt eine Mischung aus wenigstens einer Tetrazol- oder Triazolverbindung, die im Molekül Wasserstoff enthält, wenigstens ein Sauerstoffenthaltendes Oxidationsmittel und wenigstens ein Metalloxid, ausgewählt aus Cobaltoxid, Nickeloxid, Chromoxid, Aluminiumoxid oder Boroxid. Bei der Verbrennung wird eine im wesentlichen nicht-toxische primäre Gasmischung und filtrierbare Feststoffe erzeugt. Eingesetzt wird beispielsweise Aminotetrazol mit Oxidationsmitteln, die neben Nitraten auch Perchlorate enthalten können.

Ein ähnlicher Ansatz wird in dem Europäischen Patent EP 0 372 733 offenbart: Verwendung von Tetrazolen und Triazolen in Mischungen mit Ammoniumperchlorat und Alkalinitrat als Oxidationsmittel in Verbindung mit einem Zuschlag zur Steuerung der Verbrennung.

Die PCT Anmeldung WO 94/01381 beschreibt ein aus organischen Nitroverbindungen und Oxohalogenaten bestehendes Gasentwicklungsmittel für Airbags. Als Oxohalogenate werden beispielsweise Chlorate, Bromate sowie deren Perverbindungen der Alkalimetalle verstanden. Als verbrennungsregelnde Katalysatoren werden u. a. erwähnt: Oxide, Chloride, Carbonate, Sulfonate der 4. bis 6. Reihe des Periodensystems.

Bei der Umsetzung der oben aufgeführten Gassätze zum Aufblasen von Airbags für die Kraftfahrzeugsicherheit können neben nichttoxischen Arbeitsgasen wie Stickstoff, Kohlendioxid und Wasserdampf auch Anteile toxischer Gase wie z. B. Kohlenmonoxid oder Stickoxide anwesend sein. Für diese Gase wurden Grenzwerte aufgestellt, wie z. B. die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) unter Berücksichtigung von Spitzenbelastungen. Ihre Bildung steht in einem thermodynamischen und kinetischen Zusammenhang und wird im Falle des Kohlenmonoxids z. B. über das Boudouard-Gleichgewicht gesteuert. Es zeigte sich darüber hinaus, daß Mischungen, die stickstoff- und kohlenstoffhaltige Verbindungen enthalten und beim Abbrand niedrige NO_x-Anteile entwickeln, hohe CO-Anteile entwickeln und umgekehrt. Diese Gleichgewichtseinstellungen sind temperatur- und druckabhängig. Es ist bekannt, daß eine ausreichend wirksame Beeinflussung der Schwadenzusammensetzung im Sinne einer Bildung nichttoxischer Produkte alleine durch physikalische Maßnahmen, beispielsweise Steuerung der Reaktion durch Druck und/oder Temperatur nicht erreicht werden kann.

Literaturbekannt sind Verfahren, die eine Reduzierung dieser Schwadenkomponenten zum Ziel haben. So kann beispielsweise durch Zugabe alkalischer Schlackebildner zum Gassatz das Gleichgewicht zu Lasten des Kohlenmonoxids durch die Bildung von Carbonaten verschoben werden. Stickoxide werden gleichzeitig in Nitrate bzw. Nitrite überführt.

Diese Maßnahmen haben jedoch den Nachteil, daß durch den hohen Schlackeanteil die Gasausbeute wesentlich verschlechtert wird. Zudem muß die Schlacke durch Filter oder andere Rückhaltesysteme aufwendig von den gasförmigen Bestandteilen abgetrennt werden, bevor die Arbeitsgase beispielsweise zum Aufblasen des Airbags verwendet werden können.

Die Verwendung stickstofffreier Systeme führt zwar zur Bildung stickoxidfreier Schwaden, doch unter Inkaufnahme einer geringeren Gasausbeute. Dies hat seinen Grund darin, daß zur Verschiebung des Boudouard-Gleichgewichts in Richtung CO₂ ein Überschuß an schlackebildendem Sauerstoffträger verwendet werden muß. Es wurden daher bereits Hybridsysteme vorgeschlagen, bei denen die zuvor beschriebene Reaktion durch komprimierte Luft anstelle schlackebildender Oxidationsmittel bewirkt wird. Diese Konzepte leiden jedoch unter dem Nachteil des hohen Systemgewichts und der Notwendigkeit zur Kontrolle bzw. Ergänzung der komprimierten Luft.

Gemäß US Patent 3,910,595 wird das bei der Reaktion entstehende Gas zur Verbesserung der Ausbeute durch eine Venturi-Düse geleitet, so daß Außenluft zum Aufblasen des Luftsackes mit herangezogen werden kann. Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß diese Außenluft die heißen Gase stark abkühlt. Insbesondere bei niedriger Außentemperatur muß der dadurch auftretende Volumenverlust zum Aufblasen des Gassackes durch die pyrotechnische Mischung ausgeglichen werden. Die dadurch erhöhten Anteile toxischer Schwaden im Fahrzeuginnern können nicht mehr ausreichend durch Verdünnung reduziert werden.

Die vorliegende Erfindung beschreibt nichttoxische, azidfreie Mischungen zur Gaserzeugung durch Abbrand.

Diese gaserzeugenden Mischungen können u. a. in Sicherheitseinrichtungen, beispielsweise in Airbag-Systemen zum Aufblasen von Luftsäcken in Fahr- und Flugzeugen eingesetzt werden. Sie sind jedoch auch geeignet zum Anheben schwerer Lasten durch Aufblasen darunter befindlicher Säcke oder zum Austreiben von z. B. Feuerlöschpulver oder andere Maßnahmen, wo es auf schnelle Bildung von Gasen zur Erzeugung einer Arbeitsleistung ankommt.

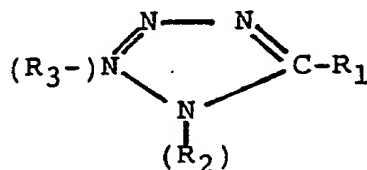
Die erfindungsgemäßen Mischungen enthalten

- a) als stickstoffhaltige Verbindung (Brennstoff) wenigstens eine Verbindung aus der Gruppe Tetrazole, Triazole, Triazine, Cyansäure, Harnstoff, deren Derivate, Abkömmlinge oder deren Salze,
- b) als Oxidationsmittel wenigstens/drei Verbindungen aus der Gruppe der Peroxide, Nitrate, Chlorate oder Perchlorate,
- c) Abbrandmoderatoren die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, sowie gegebenenfalls
- d) Zuschläge, die geeignet sind, den Anteil der toxischen Gase zu reduzieren.

Die erfindungsgemäßen Mischungen sind nicht toxisch und im Gegensatz zu Azid-enthaltenden Mischungen leicht zu handhaben. Sie erfordern daher weniger Sicherheitsaufwand bei der Herstellung der Rohstoffe und Mischungen und bei deren Formgebung, Aufbewahrung oder Entsorgung.

Die erfindungsgemäß einzusetzenden stickstoffhaltigen Verbindungen sind solche, die im Gemisch mit Oxidationsmitteln bei ihrer thermisch/chemischen Umsetzung hauptsächlich CO_2 , N_2 , O_2 und H_2O bilden, jedoch keine Gase wie CO oder NO_x in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen entwickeln.

Die erfindungsgemäßen Mischungen enthalten als stickstoffhaltige Verbindungen (Brennstoffe) vorzugsweise ein oder mehrere Tetrazolderivat(e) der Formel



worin R_1 und R_2 oder R_3 gleich oder verschieden sein können, jedoch entweder R_2 oder R_3 vorliegt und die Bedeutung haben: Wasserstoff, Hydroxy, Amino, Carboxyl, einen Alkylrest mit 1 bis 7 Kohlenstoffatomen, einen Alkenylrest mit 2 bis 7 Kohlenstoffatomen, einen Alkylaminorest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einen Arylrest, gegebenenfalls substituiert mit einem oder mehreren Substituenten, die gleich oder verschieden sein können und ausgewählt sind aus der Aminogruppe, der Nitrogruppe, den Alkylresten mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder einem Arylaminorest, bei dem der Arylrest gegebenenfalls substituiert sein kann oder die Natrium-, Kalium- und Guanidiniumsalze der genannten Tetrazolderivate.

Bei diesen Verbindungen bedeutet:

R_1 vorzugsweise Wasserstoff, Amino, Hydroxy, Carboxyl, einen Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Isopropyl-, Butyl-, Isobutyl- oder tert.-Butyl-, n-Pentyl-, n-Hexyl- oder n-Heptylrest, einen Methylamino-, Ethylamino-, Dimethylamino-, n-Heptylamino-, n-Octylamino- oder n-Decylaminorest, einen Tetrazolrest, einen Phenylaminorest, einen Phenyl-, Nitrophenyl- oder Aminophenylrest;

R_2 oder R_3 vorzugsweise Wasserstoff, einen Methyl- oder Ethylrest, einen Phenyl-, Nitrophenyl- oder Aminophenylrest.

Besonders bevorzugt sind die Tetrazolderivate 5-Aminotetrazol, Lithium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Magnesium-, Strontium- oder Kalzium-5-aminotetrazolat, 5-Aminotetrazolnitrat, -sulfat, -perchlorat und ähnliche Verbindungen, 1-(4-Aminophenyl)-tetrazol, 1-(4-Nitrophenyl)-tetrazol, 1-Methyl-5-dimethylaminotetrazol, 1-Methyl-5-methylaminotetrazol, 1-Methyltetrazol, 1-Phenyl-5-aminotetrazol, 1-Phenyl-5-hydroxytetrazol, 1-Phenyltetrazol, 2-Ethyl-5-aminotetrazol, 2-Methyl-5-aminotetrazol, 2-Methyl-5-carboxytetrazol, 2-Methyl-5-methylaminotetrazol, 2-Methyltetrazol, 2-Phenyltetrazol, 5-(p-Tolyl)-tetrazol, 5-Diallylaminotetrazol, 5-Dimethylaminotetrazol, 5-Ethylaminotetrazol, 5-Hydroxytetrazol, 5-Methyltetrazol, 5-Methylaminotetrazol, 5-n-Decylaminotetrazol, 5-n-Heptylaminotetrazol, 5-n-Octylaminotetrazol, 5-Phenyltetrazol, 5-Phenylaminotetrazol oder Bis-(aminoguanidin)-azotetrazol und Diguanidinium-5,5'-azotetrazolat, sowie 5,5'-Bitetrazol und dessen Salze, wie die 5,5'-Bi-1H-Tetrazolammoniumverbindungen.

Als Triazinderivate werden 1,3,5-Triazin, als Triazolderivate 1,2,4-Triazol-5-on, 3-Nitro-1,2,4-triazol-5-on, als Cyansäurederivate Natriumcyanat, Cyanursäure, Cyanursäureester, Cyanursäureamid (Melamin), 1-Cyanguanidin, Natriumdicyanamid, Dinatriumcyanamid, Dicyandiamidinnitrat, Dicyandiamidsulfat, und als Harnstoffderivate Biuret, Guanidin, Nitroguanidin, Guanidinnitrat, Aminoguanidin, Aminoguanidinnitrat, Thioharnstoff, Triaminoguanidinnitrat, Aminoguanidinhydrogencarbonat, Azodicarbonsäurediamid, Tetrazen, Semicarbazidinnitrat, sowie Urethane, Ureide wie Barbitursäure und ihre Derivate enthalten sind.

Als besonders bevorzugte Komponente wird 5-Aminotetrazol eingesetzt. Der bevorzugte Anteil bei Einsatz dieser Komponente in der Mischung liegt bei 10–40 Gew%. Als Derivate von 5-Aminotetrazol werden seine Salze eingesetzt, bei denen die aciden Wasserstoffatome am 5-Aminotetrazol salzartig ersetzt sind durch toxikologisch unbedenkliche Elemente wie Kalzium, Magnesium oder Zink. Es sind jedoch auch Verbindungen einsetzbar, bei denen das Kation aus Ammonium, Guanidinium und seinen Amino-Derivaten gebildet wird.

Als Oxidationsmittel werden erfindungsgemäß eingesetzt:

- Peroxide der Alkali- und Erdalkalimetalle, Zinkperoxid, sowie die Peroxodisulfate der genannten Elemente und des Ammoniums;
- Ammoniumnitrat, Nitrate der Alkali- und Erdalkalimetalle, insbesondere Lithium-, Natrium- oder Kaliumnitrat, sowie Strontiumnitrat;
- Oxohalogenverbindungen der Alkali- oder Erdalkalimetalle oder des Ammoniums, besonders bevorzugt Kaliumperchlorat oder Ammoniumperchlorat.

Die Oxidationsmittel können einzeln oder in Mischungen eingesetzt werden. Um die Stickoxidanteile in den Reaktionsgasen möglichst zu reduzieren, ist es vorteilhaft, in den Oxidationsmittelmischungen den Nitratanteil möglichst gering zu halten, da sich ein Teil der Nitrate thermisch zersetzen kann.

Eine bevorzugte Kombination der Oxidationsmittel besteht aus Zinkperoxid, Kaliumperchlorat und mindestens einem Nitrat, vorzugsweise Natriumnitrat oder Strontiumnitrat im Mischungsverhältnis 1 : 2:10 und einem Gesamtanteil von ca. 60 Gew.-% in der gaserzeugenden Mischung. Dabei reagieren die chlorhaltigen Verbindungen während des Abbrandes zu unschädlichem Natrium-/Kaliumchlorid. Als Perchlorat kann auch Ammoniumperchlorat allein oder in Mischung mit einer anderen Oxohalogenverbindung vorgesehen werden, doch muß ein Überschuß vermieden werden, um die Bildung von aggressiver Salzsäure auszuschließen. Wird Ammoniumperchlorat verwendet, ist die gleichzeitige Anwesenheit von Zinkverbindungen besonders vorteilhaft, da damit die Gefahr der Salzsäurebildung vermieden werden kann. Ein Überschuß an Natrium- und Kaliumverbindungen ist unbedenklich, da dieser mit den Reaktionsgasen zu unschädlichen Karbonaten reagiert. Der teilweise oder vollständige Ersatz des Alkalinitrats durch Strontiumnitrat führt zu einer deutlichen Reduktion des Schlackenanteils.

Das Mischungsverhältnis der stickstoffhaltigen Verbindungen, beispielsweise der Tetrazole und Triazole, zu den Oxidationsmitteln ist so bilanziert, daß beim Abbrand der Gassatzmischung Sauerstoff im Überschuß gebildet wird. Dieser Sauerstoffüberschuß verschiebt das CO/CO₂-Gleichgewicht in Richtung Kohlendioxid.

Als Abbrandmoderatoren werden Stoffe oder ihre Gemische eingesetzt, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen. Moderatoren, die in Form einer heterogenen Katalyse in die Umsetzung eingreifen, sind Metalle, Metalloxide und/oder Metallkarbonate und/oder Metallsulfide. Als Metalle können vorzugsweise Bor, Silicium, Kupfer, Eisen, Titan, Zink oder Molybdän eingesetzt werden. Auch Kalziumkarbonat kann eingesetzt werden. Mischungen dieser Moderatoren können ebenfalls verwendet werden.

Moderatoren, die in Form einer homogenen Katalyse in die Umsetzung eingreifen, sind beispielsweise Schwefel, Bor, Silicium oder Ferrocen und seine Derivate. Diese Moderatoren werden durch die bei der Reaktion auftretenden Temperaturen in die Gasphase verdampft und können so selbst oder als Folgeprodukte in die Reaktion eingreifen. Der Anteil dieser Stoffe an der Mischung kann bis ca. 8% betragen.

Weiterhin kann die erfindungsgemäße Mischung zur Gaserzeugung Zuschläge enthalten, die geeignet sind, den Anteil der Schadgase wie Stickoxide und/oder Kohlenmonoxid zu reduzieren. Der Anteil dieser Schadgase im erzeugten Gasgemisch wird bestimmt durch

- die stöchiometrische Zusammensetzung der Mischung,
- die Temperatur und den Druck der Reaktion,
- Additive zur Beeinflussung der Reaktion bzw. der Nachreaktion und durch die
- Generatorkonstruktion, in dem die Umsetzung stattfindet.

Während es relativ leicht gelingt, in einem geschlossenen System, wie z. B. einer Druckbombe, die den thermodynamischen Berechnungen angenäherte Zusammensetzung des Gasgemisches zu erhalten, gelingt dies nicht mehr unter den realen Abströmbedingungen im Generator selbst, da sich während der wenigen Millisekunden dauernden Umsetzung das Gleichgewicht nicht einstellen kann. Erfindungsgemäß werden daher geeignete Stoffe, die einen katalytischen Effekt bewirken können, in die Mischung oder in die Zone der abströmenden Gase eingebracht. Hierzu können die bereits zuvor beschriebenen Abbrandmoderatoren und Oxide der Edelmetalle verwendet werden. Zusätzliche Möglichkeiten bestehen in der Verwendung von Edelmetallen wie Palladium, Ruthenium, Rhenium, Platin oder Rhodium, die den Sauerstoffüberschuß der Reaktionsgase in einer nachgeschalteten Reaktion zur Umsetzung des Kohlenmonoxids nutzen. Eine bevorzugte Anwendungsform sieht vor, die Zuschlagstoffe auf Keramik aufzutragen oder sie auf Metallnetzen als Stütze zu galvanisieren. Nach dieser Methode kann insbesondere der Kohlenmonoxidanteil im Gasgemisch verringert werden.

Zur Reduzierung des NO_x-Anteils werden Zuschlagstoffe verwendet, deren chemische Eigenschaften die Umsetzung von insbesondere Stickoxiden, beispielsweise Stickstoffdioxid zu Nitraten oder Nitriten katalysiert. Geeignet sind im Prinzip alle mehr oder weniger stark basisch reagierenden Stoffe.

Hierzu zählen beispielsweise Oxide, Hydroxide oder Carbonate nichttoxischer Elemente wie beispielsweise die der Alkali- und Erdalkalimetalle, der des Zinks, sowie Mischungen dieser Verbindungen. Beim Einsatz dieser Verbindungen bilden sich hauptsächlich Nitrate oder Nitrite der Elemente. Ferner eignen sich Harnstoff, Guanidin und seine Derivate, Verbindungen mit NH₂-Gruppen wie beispielsweise Amidosulfonsäuren, Amidokomplexe und ähnliche, sowie Amide zur Umsetzung mit NO₂. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform sieht den Einsatz von Peroxiden in den Ausströmöffnungen der Generatoren vor. Hierbei ist von besonderem Vorteil, daß sich neben der Reduzierung der Stickoxide durch die zuvor beschriebenen Reaktionen zusätzlich Sauerstoff für die nachgeschaltete katalytische Umsetzung mit Kohlenmonoxid bildet.

Die erfindungsgemäßen Zuschläge können allein oder gemeinsam unmittelbar in den gaserzeugenden Satz eingebracht werden oder in den Abströmkanälen des Generators vorgesehen werden. Für den Einsatz in den Abströmkanälen des Generators ist eine verdichtete Applikationsform der Zuschläge zweckmäßig, etwa in der Form von Tabletten, Pillen oder Granulat. Die Menge der eingesetzten Zuschläge beträgt im Satz etwa 10

Gew.-%. In den Abströmkanälen kann die Menge der Zuschläge bis 75 Gew.-%, bezogen auf den Gassatz, ausmachen.

Eine Reduktion des CO-Anteils läßt sich überraschenderweise auch dadurch erreichen, daß ein Teil des Brennstoffs aus den Salzen, vorzugsweise aus den Kalzium-, Magnesium- oder Zinksalzen des Aminotetrazols, vorzugsweise aus den entsprechenden Salzen des 5-Aminotetrazols oder aus Harnstoffderivaten besteht. In diesen Fällen ist der Einsatz von nur zwei Oxidationsmitteln ausreichend.

Zur Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit und -temperatur können weitere Additive zugegeben werden. Solche Additive können beispielsweise Bor oder Metallpulver, beispielsweise Titan, Aluminium, Zirkon, Eisen, Kupfer, Molybdän sowie ihre stabilen Hydride sein. Ihr Anteil an den Zuschlägen liegt in der Größenordnung von 5 Gew.-%.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Gassatzmischungen erfolgt in an sich bekannter Weise. Die Komponenten werden beispielsweise trocken gemischt, gesiebt, portioniert und zu Tabletten verpreßt. Die Anpassung der Abbrandgeschwindigkeit läßt sich über die Kornform und -größe des beispielsweise durch Brechen und Aussieben der Fragmente erhaltenen Schüttgutes erreichen. Das Schüttgut kann in großer Menge hergestellt und durch Mischen von Fraktionen mit unterschiedlicher dynamischer Lebhaftigkeit den jeweiligen Erfordernissen beim Abbrand angepaßt werden. Dabei können auch Vormischungen mit 2 oder 3 Komponenten zur Erhöhung der Sicherheit oder Verbesserung des Mischergebnisses eingesetzt werden. Eine Mischung aus Oxidationsmittel und Zuschlägen kann beispielsweise hergestellt werden, bevor sie mit den stickstoffhaltigen Verbindungen in Berührung kommt.

Die Mischung kann jedoch auch durch Kneten wasserfeuchter Komponenten und anschließender Granulierung z. B. durch Passieren von Sieben, Strangpressen oder ähnlichem hergestellt werden. Dabei können Bindemittel, wie beispielsweise Wasserglas, "anorganischem Kautschuk" (Phosphornitrilchlorid) oder auch geringe Anteile organischer Binder wie Acrylharze, PTFE, Guar Gum eingesetzt werden. Da die verwendeten Komponenten weder toxisch noch besonders reaktiv sind und sich nur mit Hilfe von speziellen Anzündern im Einschluß zur Reaktion bringen lassen, sind besondere Sicherheitsvorkehrungen nicht nötig.

Das so erhaltene Schüttgut kann unmittelbar eingesetzt werden. Zur Vermeidung von Abrieb des Schüttgutes beim Umgang mit den Generatoren, der zur Veränderung der Abbrandcharakteristik führen und ein Sicherheitsrisiko durch seinen heftigen Abbrand darstellen würde, kann das Schüttgut oberflächlich beschichtet werden. Dies kann durch einen Lacküberzug, der gegebenenfalls zur Unterstützung des Anbrandes des Schüttgutes mit anbrandunterstützenden Zuschlägen versehen sein kann, geschehen. Als anbrandunterstützende Zuschläge kommen Oxidationsmittel wie Zinkperoxid, Perchlorate und Metallpulver wie Titan, Zirkon in Betracht. Die Aufbringung kann durch Aufsprühen der lösungsmittelhaltigen Beschichtungsmittel z. B. in einer Trommel unter Abdampfen des Lösungsmittels erfolgen.

Für spezielle Einsatzgebiete können poröse Kornstrukturen im Korn eingesetzt werden. Die Erzeugung solcher poröser Strukturen kann nach üblichen Methoden, beispielsweise durch Zugabe löslicher Salze und deren anschließender Auslösung mit den entsprechenden Lösungsmitteln oder durch Zugabe thermisch zersetzbarer Stoffe wie beispielsweise Ammoniumbikarbonat, Acetondicarbonsäure, Blähmittel, Peroxide oder Azobisisobutyronitril, die dann in einem nachfolgenden Prozessschritt durch Aufheizen und Tempern bei erhöhter Temperatur wieder entfernt werden, erfolgen. Die Charakteristik wird bestimmt durch Menge, Korngröße und Verteilung. Solche Gassätze können beispielsweise dann eingesetzt werden, wenn stark progressiv reagierende Gassätze erforderlich sind.

Die Anzündung des konfektionierten Gassatzes kann mit den üblichen Verfahren erfolgen. Dabei ist wichtig, daß keine zusätzlichen toxischen Schwadenkomponenten aus dem Anzünder nach der Reaktion freigesetzt werden.

Die Gassatzmischung ist unempfindlich in Bezug auf ihre sicherheitstechnischen Kenndaten wie z. B. gegen Reib-, Schlag- und Stoßeinwirkung bzw. Entzündbarkeit gegenüber Flamme oder Cer-/Eisenfunken unter Normaldruck. Im Einschluß dagegen brennt sie heftig bei entsprechender Anzündung. Dies erhöht die Sicherheit bei Herstellung und Umgang.

Die erfindungsgemäßen Mischungen können beispielsweise in Gasgeneratoren für die Kraftfahrzeugsicherheit mit den dort üblichen elektrisch ausgelösten Anzündsystemen eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu Generatoren auf Azidsatzbasis kann auf eine aufwendige Filterung der Schlacke verzichtet werden, da sie keine toxischen Bestandteile enthält. Sie besteht zur Hauptsache aus Karbonaten und Chloriden von Kalium und Natrium neben sehr wenig Nitraten/Nitriten und Zinkoxid. Die Ausbringung solcher nichttoxischen Bestandteile wird daher im allgemeinen nur begrenzt durch die bei Emission von Staub festgesetzten Grenzwerte.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Erfindung näher erläutern, ohne sie jedoch einzuschränken.

Die spezifizierten Komponenten für die erfindungsgemäßen Gassätze werden in den angegebenen Gewichtsverhältnissen in Plastikbehältern im Taumelmischer 30 Minuten homogenisiert. Anschließend erfolgt die Tablettenierung der Mischungen zu Preßlingen mit einem Durchmesser von etwa 6 mm. 3,5 g der tablettierte Proben werden mittels 0,2 g Bor/Kaliumnitrat (25 : 75 Gew.-Anteile) als Anzündmischung und eines elektrisch aufheizbaren Eisendrahtes in einer 25 ml Edelstahl Druckbombe zur Umsetzung gebracht. Registriert wird der Druck-Zeitverlauf der Reaktion über eine piezoelektrische Meßeinrichtung. Bei der exothermen Umsetzung entstehen Abbrandgase, die sich hauptsächlich aus H_2O , CO_2 , N_2 und O_2 zusammensetzen und den gestellten toxikologischen Anforderungen entsprechen.

Die in den Beispielen beschriebenen Gassatzmischungen werden beispielsweise in einer Meßeinrichtung, bestehend aus Brennraum, Gasstromumlenkung und Filterraum unter definierten mechanischen Aufbaubedingungen bezüglich der Abbrandcharakteristik untersucht. Die gasförmigen Reaktionsprodukte werden in einem 60 l Volumen aufgefangen und charakterisiert (Hauptbestandteile: H_2O , CO_2 , N_2 und O_2)

Beispiel Nr.:	Zusammensetzung (Gew.-%)				
	1	2	3	4	5
5-Aminotetrazol	33,1	33,1	34,0	33,1	34,2
Natriumnitrat	52,3	52,3	61,5	52,3	64,8
Kaliumperchlorat	10,1	10,1	----	10,1	----
Zinkoxid	4,0	3,0	1,0	----	----
Zinkperoxid	----	1,0	3,0	4,0	----
Graphit	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0

Beispiel	Explosionswärme (kJ/g)	Reib- (N)	Schlagempfindlichkeit (J)
1	3,61	> 360	10
2	3,69	> 360	10
3	3,70	> 360	10
4	3,82	> 360	7,5
5	3,82	> 360	10

Meßergebnisse in der ballistischen Druckbombe

Beispiel	Druckmaximum (bar)	Zeitdifferenz ¹⁾ 40-60% p(max) (ms)	Kaltgas ²⁾ (l/g)	CO (ppm)
1	715	6,7	0,41	1800
2	707	5,9	0,38	1100
3	729	6,1	0,41	2000
4	660	6,5	0,40	1800
5	730	6,7	0,41	3300

1) angegeben ist die Reaktionsdauer zwischen 40 und 60% des maximalen Druckes in Millisekunden

2) gemessen nach Abkühlung auf Raumtemperatur

Beispiel 1 beschreibt die Umsetzung von 5-Aminotetrazol (5-ATZ) mit einem binären Gemisch von Oxidationsmitteln. Die Schwadenzusammensetzung zeigt einen Anteil von 1800 ppm CO in den Reaktionsschwaden nach Abbrand in einer geschlossenen Druckbombe. In Beispiel 2 führt die Zugabe von nur 1 Gew.-% Zinkperoxid überraschenderweise zur deutlichen Reduktion des CO-Anteils auf 1100 ppm bei sonst gleichbleibenden Versuchsparametern. Die Veränderungen in der Zusammensetzung der Mischungen in den Beispielen 3 bis 5 führen zu schlechteren Ergebnissen.

Beispiel Nr.:	Zusammensetzung (Gew.-%)			
	6(=1)	7	8	9
5-Aminotetrazol	33,1	25,4	16,6	10,7
Natriumnitrat	52,3	52,7	52,7	52,7
Kaliumperchlorat	10,1	10,2	10,2	10,2
Zn (5-ATZ) ₂	----	11,2	----	----
Ca (5-ATZ) ₂	----	----	20,0	----
Mg (5-ATZ) ₂	----	----	----	25,9
Zinkoxid	4,0	----	----	----
Graphit	0,5	0,5	0,5	0,5

Beispiel	Explosionswärme (kJ/g)	Reib- (N)	Schlagempfindlichkeit (J)
6 (=1)	3,61	> 360	10
7	3,64	> 360	10
8	3,46	> 360	15
9	2,74	> 360	20

Meßergebnisse in der ballistischen Druckbombe (25 ml)

Beispiel	Druckmaximum (bar)	Zeitdifferenz ¹⁾ 40-60% p(max) (ms)	Kaltgas ²⁾ (l/g)	CO (ppm)
6 (=1)	715	6,7	0,41	1800
7	662	6,8	0,39	250
8	602	6,6	0,40	140
9	81	39,2	0,33	100

Meßergebnisse in der 60 l Testkanne

Beispiel	CO-Reduktion ³⁾ (%)	Druckmaximum ⁴⁾ (bar)
6 (=1)	0	2,2
7	10	2,1
8	40	1,7
9	95	< 1,5

1) angegeben ist die Reaktionsdauer zwischen 40 und 60% des maximalen Druckes in Millisekunden

2) gemessen nach Abkühlung auf Raumtemperatur

3) bezogen auf das Ergebnis der Testkanne, Beispiel 1 bzw. 6

4) Lademasse 40 g

Die Beispiele 6 bis 9 zeigen, daß sich der Zusatz der Zn-, Ca- und Mg-Salze des 5-Aminotetrazols (Me(5-ATZ)₂) günstig auf die Schwadenzusammensetzung auswirkt. Es wird eine deutliche Reduktion des CO-Anteils festgestellt. Auch die Reaktionsgeschwindigkeit wird beeinflußt.

Beispiel Nr.:	Zusammensetzung (Gew.-%)			
	10	11	12	13
5-Aminotetrazol	33,0	31,6	30,8	28,9
Guanidinnitrat	8,3	8,0	7,8	7,3
Natriumnitrat	58,2	39,0	27,1	---
Strontiumnitrat	---	20,9	33,8	63,3
Graphit	0,5	0,5	0,5	0,5

Beispiel	Explosionswärme (kJ/g)	Reib- empfindlichkeit (N)	Schlag- empfindlichkeit (J)	Rückstands- masse ³⁾ (g)
10	4,06	> 360	20	1,5
11	3,90	> 360	15	1,2
12	3,61	> 360	20	1,0
13	3,41	> 360	15	0,8

Meßergebnisse in der ballistischen Druckbombe (25 ml)

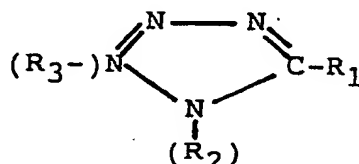
Beispiel	Druckmaximum (bar)	Zeitdifferenz ¹⁾ 40-60% p(max) (ms)	Kaltgas ²⁾ (l/g)
10	779	6,1	0,46
11	767	7,0	0,41
12	723	7,3	0,42
13	620	8,6	0,39

- 1) angegeben ist die Reaktionsdauer zwischen 40 und 60% des maximalen Druckes in Millisekunden
- 2) gemessen nach Abkühlung auf Raumtemperatur
- 5) Feststoffmasse in der 60 l Testkanne nach Abbrand von 30 g Gassatz im Versuchsgenerator

Beispiele 10 bis 13 unterscheiden sich durch den Anteil an Natriumnitrat/Strontiumnitrat als Oxidationsmittel. Mit zunehmendem Anteil an Strontiumnitrat reduziert sich die Masse der in die Kanne austretenden Schlacke. Das bedeutet, die Filtrierbarkeit der Schlacke wird durch die Zugabe von Strontiumnitrat — nach der Reaktion — im Filter des Generators verbessert. Gleichzeitig läßt sich der CO-Anteil des Reaktionsgases günstig beeinflussen.

Patentansprüche

1. Treibmittel für Gasgeneratoren aus stickstoffhaltigen Verbindungen, dadurch gekennzeichnet, daß es
 - a) als stickstoffhaltige Verbindung (Brennstoff) wenigstens eine Verbindung aus der Gruppe Tetrazole, Triazole, Triazine, Cyansäure, Harnstoff, deren Derivate, Abkömmlinge oder deren Salze,
 - b) als Oxidationsmittel wenigstens drei Verbindungen aus der Gruppe der Peroxide, Nitrate, Chlorate oder Perchlorate,
 - c) Abbrandmoderatoren, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, sowie gegebenenfalls
 - d) Zuschläge, die geeignet sind, den Anteil der toxischen Gase zu reduzieren enthält.
2. Treibmittel gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es als Brennstoffe (stickstoffhaltige Verbindungen) ein oder mehrere Tetrazolderivat(e) der Formel



enthält,

worin R₁ und R₂ oder R₃ gleich oder verschieden sein können, jedoch entweder R₂ oder R₃ vorliegt und die Bedeutung haben: Wasserstoff, Hydroxy, Amino, Carboxyl, einen Alkylrest mit 1 bis 7 Kohlenstoffatomen, einen Alkenylrest mit 2 bis 7 Kohlenstoffatomen, einen Alkylaminorest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen, einen Arylrest, gegebenenfalls substituiert mit einem oder mehreren Substituenten, die gleich oder verschieden sein können und ausgewählt sind aus der Aminogruppe, der Nitrogruppe, den Alkylresten mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen oder einem Arylaminorest, bei dem der Arylrest gegebenenfalls substituiert sein kann oder die Natrium-, Kalium- und Guanidiniumsalze der genannten Tetrazolderivate.

3. Treibmittel gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

R₁ vorzugsweise Wasserstoff, Amino, Hydroxy, Carboxyl, einen Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Isopropyl-, Butyl-, Isobutyl- oder tert.-Butyl-, n-Pentyl-, n-Hexyl- oder n-Heptylrest, einen Methylamino-, Ethylamino-, Dimethylamino-, n-Heptylamino-, n-Octylamino- oder n-Decylaminorest, einen Tetrazolrest, einen Phenylaminorest, einen Phenyl-, Nitrophenyl- oder Aminophenylrest und

R₂ oder R₃ vorzugsweise Wasserstoff, einen Methyl- oder Ethylrest, einen Phenyl-, Nitrophenyl- oder Aminophenylrest bedeutet.

4. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die stickstoffhaltigen Verbindungen ausgewählt sind aus der Gruppe der Tetrazolderivate, vorzugsweise ausgewählt sind aus den Verbindungen 5-Aminotetrazol, Lithium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Magnesium-, Strontium- oder Kalzium-

5-aminotetrazolat, 5-Aminotetrazolnitrat, -sulfat, -perchlorat und ähnliche Verbindungen, 1-(4-Aminophenyl)-tetrazol, 1-(4-Nitrophenyl)-tetrazol, 1-Methyl-5-dimethylaminotetrazol, 1-Methyl-5-methylaminotetrazol, 1-Methyltetrazol, 1-Phenyl-5-aminotetrazol, 1-Phenyl-5-hydroxytetrazol, 1-Phenyltetrazol, 2-Ethyl-5-aminotetrazol, 2-Methyl-5-aminotetrazol, 2-Methyl-5-carboxyltetrazol, 2-Methyl-5-methylaminotetrazol, 2-Methyltetrazol, 2-Phenyltetrazol, 5-(p-Tolyl)-tetrazol, 5-Diallylaminotetrazol, 5-Dimethylaminotetrazol, 5-Ethylaminotetrazol, 5-Hydroxytetrazol, 5-Methyltetrazol, 5-Methylaminotetrazol, 5-n-Decylaminotetrazol, 5-n-Heptylaminotetrazol, 5-n-Octylaminotetrazol, 5-Phenyltetrazol, 5-Phenylaminotetrazol oder Bis-(aminoguanidin)-azotetrazol und Diguanidinium-5,5'-azotetrazolat, sowie 5,5'-Bitetrazol und dessen Salze, wie die 5,5'-Bi-1H-Tetrazolammoniumverbindungen.

5. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Triazinderivate 1,3,5-Triazin, als Triazolderivate 1,2,4-Triazol-5-on, 3-Nitro-1,2,4-triazol-5-on, als Cyansäurederivate Natriumcyanat, Cyanursäure, Cyanursäureester, Cyanursäureamid (Melamin), 1-Cyanguanidin, Natriumdicyanamid, Dinatriumcyanamid, Dicyandiamidinnitrat, Dicyandiamidsulfat, und als Harnstoffderivate Biuret, Guanidin, Nitroguanidin, Guanidinnitrat, Aminoguanidin, Aminoguanidinnitrat, Thioharnstoff, Triamino-guanidinnitrat, Aminoguanidinhydrogencarbonat, Azodicarbonsäurediamid, Tetrazen, Semicarbazidnitrat, sowie Urethane, Ureide wie Barbitursäure und ihre Derivate enthalten sind.

6. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß es als Oxidationsmittel:

Peroxide der Alkali- und Erdalkalimetalle, Zinkperoxid, die Peroxodisulfate der genannten Elemente und des Ammoniums oder Mischungen dieser Verbindungen;

Ammoniumnitrat, Nitrate der Alkali- und Erdalkalimetalle, insbesondere Lithium-, Natrium-, Kalium- oder Strontiumnitrat oder Mischungen dieser Verbindungen;

Oxohalogenverbindungen der Alkali- oder Erdalkalimetalle oder des Ammoniums, vorzugsweise Kaliumperchlorat oder Ammoniumperchlorat oder Mischungen dieser Verbindungen enthält.

7. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß es als Oxidationsmittel eine Kombination aus Zinkperoxid, Kaliumperchlorat und mindestens einem Nitrat, vorzugsweise Natriumnitrat oder Strontiumnitrat enthält.

8. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischungsverhältnis der Oxidationsmittel 1 : 2:10 ist, mit einem Gesamtanteil von 60 Gew.-% in der gaserzeugenden Mischung.

9. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischungsverhältnis der stickstoffhaltigen Verbindungen zu den Oxidationsmitteln so bilanziert ist, daß beim Abbrand der Gassatzmischung Sauerstoff im Überschuß gebildet wird.

10. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es als Abbrandmoderatoren Stoffe oder ihre Gemische enthält, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, wobei der Anteil dieser Stoffe an der Mischung bis ca. 8% betragen kann.

11. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß es als Abbrandmoderatoren Metalle, Metalloxide und/oder Metallkarbonate und/oder Metallsulfide oder Mischungen dieser Abbrandmoderatoren enthält, wobei als Metalle vorzugsweise Bor, Silicium, Kupfer, Eisen, Titan, Zink oder Molybdän eingesetzt werden.

12. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß es als Abbrandmoderatoren Schwefel, Ferrocen und seine Derivate enthält.

13. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es als Zuschlag Stoffe enthält, die geeignet sind, den Anteil der Schadgase Stickoxide und/oder Kohlenmonoxid zu reduzieren.

14. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß es als Zuschlagstoff Abbrandmoderatoren, Edelmetalle wie Palladium, Ruthenium, Rhenium, Platin oder Rhodium oder Oxide der Edelmetalle, sowie Mischungen dieser Verbindungen oder basisch reagierende Stoffe, wie beispielsweise Oxide, Hydroxide oder Carbonate der Alkali- und Erdalkalimetalle, der des Zinks, sowie Mischungen dieser Verbindungen oder Harnstoff, Guanidin und seine Derivate, Verbindungen mit NH₂-Gruppen wie beispielsweise Amidosulfonsäuren, Amidokomplexe, Amide, sowie Mischungen dieser Verbindungen enthält.

15. Treibmittel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der eingesetzten Zuschläge im Satz etwa 10 Gew.-% und in den Abströmkanälen bis 75 Gew.-%, bezogen auf den Gassatz, ausmacht.

16. Treibmittel für Gasgeneratoren aus stickstoffhaltigen Verbindungen, dadurch gekennzeichnet, daß es
a) als stickstoffhaltige Verbindung (Brennstoff) eine Kombination des Aminotetrazols und den Salzen, vorzugsweise den Kalzium-, Magnesium- oder Zinksalzen des Aminotetrazols, vorzugsweise eine Kombination des 5-Aminotetrazols und den entsprechenden Salzen des 5-Aminotetrazols;
b) als Oxidationsmittel wenigstens zwei Verbindungen aus der Gruppe der Peroxide, Nitrate, Chlorate oder Perchlorate, vorzugsweise Natriumnitrat und Kaliumperchlorat, sowie
c) Abbrandmoderatoren, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, vorzugsweise Zinkoxid und die Karbonate des Zinks bzw. des Kalziums enthält.

17. Treibmittel für Gasgeneratoren aus stickstoffhaltigen Verbindungen, dadurch gekennzeichnet, daß es
a) als stickstoffhaltige Verbindung (Brennstoff) ^{urea} Harnstoff, dessen Salze, Derivate und Abkömmlinge und deren Salze, vorzugsweise Biuret, Guanidin, Nitroguanidin, Guanidinnitrat, Aminoguanidin, Aminoguanidinnitrat, Thioharnstoff, Triaminoguanidinnitrat, Aminoguanidinhydrogencarbonat, Azodicarbonsäurediamid, Dicyandiamidinnitrat, Dicyandiamidsulfat, Tetrazen und/oder Semicarbazidnitrat, sowie Urethane, Ureide wie Barbitursäure und ihre Derivate;
b) als Oxidationsmittel wenigstens zwei Verbindungen aus der Gruppe der Peroxide, Nitrate, Chlorate oder Perchlorate, vorzugsweise Natriumnitrat und Kaliumperchlorat, sowie
c) Abbrandmoderatoren, die geeignet sind, durch heterogene oder homogene Katalyse den Abbrand und seine Geschwindigkeit zu beeinflussen, vorzugsweise Zinkoxid und die Karbonate des Zinks bzw. des Kalziums enthält.

18. Treibmittel gemäß Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidationsmittel gemäß Anspruch 6 und die Abbrandmoderatoren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12 definiert sind.

19. Verfahren zur Herstellung eines Treibmittels für Gasgeneratoren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man das oder die stickstoffhaltige(n) Verbindung(en) (Brennstoff) mit den Oxidationsmitteln, den Abbrandmoderatoren und gegebenenfalls mit weiteren Zuschlägen vermischt und das Gemisch homogenisiert.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß man das Treibmittel unter Einsatz von Preßhilfen, beispielsweise Graphit, Molybdänsulfid, Teflon, Talkum, Zinkstearat oder Bornitrid verpreßt.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß man die Preßlinge beschichtet.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Steuerung der Abbrandgeschwindigkeit eine definierte Porosität der Preßlinge erzeugt.

23. Lebensrettungssystem, enthaltend ein Treibmittel nach einem der Ansprüche 1 bis 18.

24. Verwendung des Treibmittels nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Erzeugung von Gas.